

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 001.8: 519.17

<https://doi.org/10.26907/2541-7746.2025.3.468-490>

Метод ранжирования научных публикаций по степени их важности

А.М. Елизаров^{1,2} ✉, И.Г. Ольгина³

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

²Университет Иннополис, г. Иннополис, Россия

³Омский филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, г. Омск, Россия

✉ amelizarov@gmail.com

Аннотация

Как известно, научные публикации играют большую роль в обмене информацией между учеными. Сегодня объемы научной информации в виде публикаций и исследовательских данных увеличиваются лавинообразно, чему способствуют технологический прогресс и активная цифровизация всех сфер деятельности. Поэтому исследователям нужны инструменты и методы, которые помогают эффективно отбирать, анализировать и систематизировать научную информацию. Одновременно возникает необходимость в разработке новых подходов к оценке степени важности научных публикаций.

Представлен подход к оценке научных публикаций, базирующийся на анализе сетей цитирования и позволяющий глубже и наглядней изучить взаимосвязи между публикациями и оценить степень их важности в рамках конкретной рассматриваемой тематики. Этот подход реализован на примере публикаций сотрудников Института информационных технологий и интеллектуальных систем Казанского (Приволжского) федерального университета и позволил получить ряд результатов, свидетельствующих о перспективах его использования. Результаты проведенных экспериментов получены на основе данных о цитировании, извлеченных из открытой базы научной литературы OpenAlex (<https://openalex.org/>).

Ключевые слова: научная публикация, сеть цитирования, ориентированный граф, сетевые метрики, степень важности, сетевой анализ, метод ранжирования

Для цитирования: Елизаров А.М., Ольгина И.Г. Метод ранжирования научных публикаций по степени их важности // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. 2025. Т. 167, кн. 3. С. 468–490. <https://doi.org/10.26907/2541-7746.2025.3.468-490>.

ORIGINAL ARTICLE

<https://doi.org/10.26907/2541-7746.2025.3.468-490>

A method of ranking scientific publications according to their degree of importance

A.M. Elizarov^{1,2} ✉, I.G. Olgina³

¹*Kazan Federal University, Kazan, Russia*

²*Innopolis University, Innopolis, Russia*

³*Omsk Branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Omsk, Russia*

✉ amelizarov@gmail.com

Abstract

Scientific publications play a crucial role in the exchange of information among scientists. Due to ongoing technological progress and digitalization in all fields, the already large volume of scientific information, both in the form of publications and research data, continues to grow exponentially and demands advanced tools and methods for its efficient and reliable selection, analysis, and structuring. At the same time, new approaches are needed to assess the importance of scientific publications.

In this article, in order to obtain a deeper and more objective understanding of the relationships between different publications and to assess their impact within a selected field of study, an innovative approach to ranking scientific publications based on analysis of citation networks was proposed. The approach was successfully applied to analyze the publications of researchers from the Institute of Information Technology and Intelligent Systems of Kazan Federal University, thereby confirming its feasibility and prospects for broader use. All citation metrics were retrieved from the OpenAlex database of scientific literature (<https://openalex.org/>).

Keywords: scientific publication, citation network, oriented graph, network metrics, degree of importance, network analysis, ranking method

For citation: Elizarov A.M., Olgina I.G. A method of ranking scientific publications according to their degree of importance. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Fiziko-Matematicheskie Nauki*, 2025, vol. 167, no. 3, pp. 468–490. <https://doi.org/10.26907/2541-7746.2025.3.468-490>. (In Russian)

Введение

В настоящее время теория сетей нашла приложения во многих дисциплинах (см., например, [1–7]), и все более широкое применение начинает получать сетевой анализ, используемый в исследовании социальных сетей, в частности, сетей цитирования (см., например, [8, 9]). В 1927 году в работе [10] впервые была предложена идея определения важности научного журнала путем измерения его цитирования. Однако сети

цитирования как один из видов социальных сетей начали количественно изучать только после того, как сформировались и стали доступны базы данных цитирования.

В 1965 году Дерек Дж. де Солла Прайс (Derek J. de Solla Price) в статье [11] отметил наличие связей между публикациями как характерную особенность, присущую Индексу научного цитирования (SCI). В 1973 году Г. Смолл (H. Small) опубликовал работу [12] по анализу совместного цитирования, которая инициировала эксперименты по кластеризации документов и созданию соответствующих обзоров исследований. Г. Смолл практически реализовал метод создания фронтов научных исследований (или кластеров) на основе совместного цитирования или, как его еще называют, ко-цитирования (см., например, [13]). Эти разработки внесли большой вклад в развитие наукометрии.

С появлением и совершенствованием интернет-технологий стал возможен эффективный сбор данных о сетях цитирования публикаций, а рост вычислительных мощностей и скорости обработки данных позволил использовать методы сетевого анализа применительно к большим и очень большим сетям, таким как сам интернет. Новые подходы, появившиеся в рамках статистической теории сетей, впервые позволили аналитикам выйти за рамки простого описания сети, чтобы построить и протестировать статистические модели сетевых структур и процессов [14].

Основная цель настоящей работы заключается в апробации подхода к анализу степени важности научных публикаций, основанного на использовании таких сетевых метрик, как меры центральности, и продемонстрированного на реальных данных из открытой базы научной литературы OpenAlex с очевидной возможностью масштабирования. Представляется, что применение разработанного метода ранжирования научных публикаций дает более глубокое понимание взаимосвязей между публикациями, что, в свою очередь, обеспечивает более объективную их оценку.

1. Графы цитирования научных публикаций

Математическую модель сети цитирования научных публикаций представим в виде ориентированного графа $G = (V, E)$, где V – множество его вершин, а E – множество дуг. Пусть множество V состоит из n занумерованных вершин v_k , $k = 1, \dots, n$, а дуги $e_{ij} = (v_i, v_j) \in E$, где v_i – вершина, из которой дуга исходит, а v_j – вершина, в которую она заходит. Вершины соответствуют публикациям, а дуги отражают связи между публикациями, реализуемые путем цитирования (см. также [15]): вершина v_i соответствует публикации, которая цитирует публикацию, которой соотносится вершина v_j . Считаем, что для публикаций, находящихся в отношении цитирования, обязательно должно выполняться следующее условие: не существует публикации, которая цитирует саму себя. Следовательно, должно выполняться неравенство $v_i \neq v_j$.

Используем два способа представления графа G : в виде списка дуг и в виде матрицы смежности – стандартного способа представления графа как двумерной матрицы $A = \|a_{ij}\|$, составленной по правилу: если публикация i цитирует публикацию j , то $a_{ij} = 1$, и $a_{ij} = 0$ в противном случае.

Отметим, что первый из названных способов представления удобен по следующему ряду причин: компактность, простота изменения структуры и возможность быстрого определения множества дуг, исходящих из одной вершины. Он был использован нами для построения самой сети. Второй способ был применен для вычисления мер центральности.

2. Метод ранжирования научных публикаций по степени важности

Опишем метод ранжирования публикаций на основе метрик, комбинация которых задает интересующий нас профиль исследования – набор мер центральности узлов сети, примененных к сети цитирования, с одновременным выбором коэффициентов релевантности для каждой такой меры. Центральность (см., например, [14]) – это мера степени важности узлов в сети. Характеристика «центральность» позволяет определить степень важности вершины графа, основываясь на ее расположении. Для вычисления мер центральности применяют различные подходы и интерпретации (см., например, [16]). Используемые нами меры центральности описаны ниже. Они и были применены в качестве критериев оценки степени важности узлов сети цитирования при построении обобщенного показателя степени важности соответствующих публикаций.

Суть предлагаемого метода такова.

1) Сбор данных о цитировании осуществляется следующими способами: обход всех сформированных кластеров сети цитирования; построение подсети публикаций по заданной тематике; использование данных о цитировании публикаций сотрудников конкретной организации.

2) Выбор профиля исследования из уже предложенных ранее либо формирование нового профиля: отбор показателей (мер центральности) и определение соответствующих им весовых коэффициентов релевантности, исходя из поставленных целей.

3) Определение ранга узла сети по каждому показателю и ранжирование узлов в порядке убывания значений этого показателя.

4) Расчет итогового значения степени важности узла сети как суммы его рангов по каждой из использованных мер центральности (с учетом их релевантности) и ранжирование узлов в порядке убывания этого значения.

5) Формирование ранжированного списка публикаций по степени важности, где каждая публикация соответствует узлу построенной сети.

Для сетей цитирования известны меры центральности, достаточные для анализа узлов сети цитирования, которым соответствуют научные публикации, их подробное описание приведено в работе [17–18]:

– центральность по степени связности (degree centrality, C_D) – это количество цитирований (ссылок);

– центральность по близости к другим узлам (closeness centrality, C_C) – это оценка близости в рамках рассматриваемой тематики;

– центральность по посредничеству (betweenness centrality, C_B) – это оценка степени важности статьи для управления информацией в контексте развития и взаимодействия тематических сообществ;

– центральность по информативности (hub centrality, C_{HU}) – это оценка степени важности статьи, которую цитируют многие статьи с высоким показателем степени авторитетности;

– центральность по авторитетности (authority centrality, C_{AU}) – это оценка степени важности статьи, которая цитируется во многих статьях с высоким показателем информативности C_{HU} ;

– полустепень захода C_{indeg} вершины в ориентированном графе (т. е. количество дуг, которые входят в эту вершину);

- полустепень исхода C_{outdeg} вершины в ориентированном графе (т. е. количество дуг, которые исходят из этой вершины);
- близость к другим узлам в режиме in ($C_c(in)$);
- близость к другим узлам в режиме out ($C_c(out)$).

Общая черта приведенных мер центральности в том, что они оценивают степень важности соответствующей публикации (значит, и узла сети цитирования), базируясь только на той роли, которую эта публикация играет сама по себе, без связи с другими публикациями в рассматриваемой сети. Поэтому и необходим был выбор способа комбинирования отдельных мер центральности узлов сети для более адекватного описания степени важности рассматриваемой публикации. Таким обобщенным показателем степени важности для выбранного профиля исследования h для каждого узла сети v выбрано значение

$$C^h(v) = \sum_{i=1}^n C_i(v), \quad (1)$$

где $C_i(v) = k_i^h R_i(v)$ — показатель степени важности узла сети v для выбранного профиля исследования h для i -й меры центральности, $R_i(v)$ — ранг узла v по i -й мере центральности; n — общее число выбранных мер центральности; k_i^h , $0 \leq k_i^h \leq 1$, — индекс релевантности i -й меры центральности (соответствия, уместности или актуальности ее использования). Далее приведена пошаговая процедура сбора и преобразования исходных данных и описан способ вычисления обобщенного показателя $C^h(v)$.

Шаг 1. Сбор (извлечение) исходных данных. Данные о цитировании могут быть извлечены с помощью интернет-технологий с учетом имеющихся условий доступа как из конкретной выбранной библиографической базы данных (в нашем случае — открытой базы данных OpenAlex), так и из всех доступных репозиторий, в частности, открытого доступа. Сбор информации о цитировании начинается с выбора первой публикации, которой может быть любая заранее заданная либо случайно выбранная публикация. Сборка сети цитирования осуществляется по разработанному алгоритму [19] до тех пор, пока не будут перебраны все публикации, имеющиеся на данный момент в используемой базе данных, либо если будет задано условие прекращения сбора данных. Например, таким условием может быть ограничение по количеству вершин в графе либо наличию заданных ключевых слов в публикации.

Шаг 2. Построение списка дуг и формирование библиографических данных публикаций. Пусть $e_{ij} = (v_i, v_j)$ — дуга орграфа, которая обозначает наличие связи цитирования между вершинами v_i и v_j (при обязательном условии $v_i \neq v_j$: граф не должен содержать петель). С помощью специализированных программ (см., например, [20]) формируется файл списка дуг в формате .net, который содержит списки номеров и наименований всех вершин (*Vertices) и дуг (*Arcs). Также программа осуществляет формирование файла с библиографическими данными публикаций в формате .xlsx. Связь библиографических данных осуществляется через соответствие идентификатору публикации, роль которого выполняет уникальный номер вершины, присвоенный при формировании файла списка дуг.

Шаг 3. Выбор профиля исследования h_k . В автоматизированном режиме выбор профиля исследования осуществляется с помощью разработанной программы «Генератор списка источников информации в сетях цитирования» (GLIS) [21]. Поскольку в качестве модели сети цитирования использован ориентированный граф, то было выделено

три основных профиля исследования для нахождения наиболее важных научных публикаций. Первый профиль «Тематическая значимость» (h_1) сформирован без учета направленности дуг графа и соответствует обнаружению наиболее важных публикаций в заданной предметной области. Следующие два профиля учитывают направленность дуг графа: «Информативность» (h_2) – для нахождения наиболее информативных публикаций и «Авторитетность» (h_3) – для определения наиболее авторитетных публикаций.

В случае несоответствия готовых профилей целям исследования программой предусмотрено формирование собственных новых профилей с помощью конструктора профилей (переход к шагам 4 и 5). В случае выбора готового профиля следует сразу перейти к шагу 6.

Шаг 4. Выбор параметров оценки узлов сети. При решении конкретных задач нужно выбрать те меры центральности, которые значимы для решаемой задачи и учитывают в совокупности несколько показателей степени важности узлов из перечисленных выше.

Шаг 5. Определение весовых коэффициентов k_i^h (индексов релевантности i -го показателя). Создается кортеж весовых коэффициентов $k_1^h, k_2^h, \dots, k_n^h$, который формирует профиль исследования h . Индексы релевантности k_i^h принимаются равными 1, если соответствующий показатель решено учитывать, и 0, если он не принимается во внимание. В принципе, значения k_i^h могут быть нецелыми и определены в интервале (0,1), что будет отражать различие в значимости для итоговой оценки того или иного показателя из используемых.

Шаг 6. Определение рангов R_i . Вычисляются значения выбранных релевантных мер центральности для каждого узла сети. Затем осуществляется ранжирование узлов в порядке убывания значений каждой из этих мер и определяется соответствующий ранг R_i .

Шаг 7. Вычисление обобщенного показателя степени важности $C^h(v)$ каждого узла сети по формуле (1).

Шаг 8. Ранжирование научных публикаций по степени важности: присвоение меньшего ранга публикации с меньшим значением показателя $C^h(v)$.

3. Исходные данные

Источником данных для проведения экспериментов стала открытая база научной литературы OpenAlex [22]. Эта база начала работать с января 2022 года и изначально включала информацию из известной базы данных Microsoft Academic Graph (перестала функционировать с 31 декабря 2021 года), а также бесплатный API. К марту 2024 года OpenAlex уже содержала метаданные двухсот девяти миллионов публикаций, таких как журнальные статьи, статьи в сборниках материалов конференций и книги. Данные из OpenAlex в отличие от WoS, Scopus, Google Scholar или eLIBRARY.ru доступны по самой свободной лицензии – CC0 (Public Domain), разрешающей любое использование, в том числе коммерческое [23].

Для пилотного исследования нами был выбран Институт информационных технологий и интеллектуальных систем (ИТИС) Казанского (Приволжского) федерального университета (КФУ). Институт ИТИС был основан в 2011 году по инициативе Министерства цифрового развития Республики Татарстан, КФУ и крупнейших ИТ-компаний региона [24]. Создание этого института предполагало активное и опережающее развитие современных информационных технологий и обучение им. Естественно, показатели этой деятельности должны были найти отражение в публикациях сотрудников Института ИТИС, что и стало одной из мотиваций проведенного анализа соответствующей сети цитирования.

Для анализа были отобраны научные публикации (статьи в журналах и сборниках трудов конференций) с указанием аффилиации Института ИТИС (публикации Института ИТИС). Вариант указания аффилиации был выбран таким – Institute of Information Technology and Intelligent Systems, Kazan Federal University, Kazan, Russia. В результате из базы OpenAlex за период с 2018 по 2025 год было извлечено семьдесят публикаций сотрудников Института ИТИС. Отметим, что реальное число публикаций сотрудников Института ИТИС больше указанного, потому что в своей аффилиации некоторые авторы могли указать только Казанский (Приволжский) федеральный университет (Kazan Federal University) без указания названия института. Также важным фактором является тот временной период, за который были собраны публикации.

4. Анализ публикаций с помощью метода ранжирования научных публикаций по степени важности

Шаг 1. Данные о цитировании были извлечены из базы данных OpenAlex на 24.05.2025. Для проведения эксперимента была собрана сеть цитирования публикаций сотрудников Института ИТИС.

Рассмотрим два варианта сбора одной и той же сети. Первый вариант генерации сети цитирования (S_1) включает все публикации сотрудников Института ИТИС и ближайшие публикации – таковыми названы публикации, цитирующие публикации сотрудников Института ИТИС, и те, на которые ссылаются публикации сотрудников Института ИТИС. Назовем полученные связи связями первого уровня.

Второй вариант генерации сети цитирования (S_2) включает публикации, цитирующие ближайшие публикации сотрудников Института ИТИС, и те, на которые ссылаются ближайшие публикации сотрудников Института ИТИС. Назовем полученные связи связями второго уровня.

Благодаря сравнению результатов исследования сетей S_1 и S_2 можно будет наглядно продемонстрировать зависимость значений мер центральности узлов от полноты сети и таким образом показать, насколько важно учитывать все публикации и отношения между ними при исследовании степени их важности. Иными словами, важно принимать во внимание, какая именно публикация цитирует данную или на какую публикацию автор ссылается.

Шаг 2. По результатам собранных данных построены два ориентированных графа.

На основе S_1 получен оргграф, который содержит 2185 вершин и 6166 дуг, выражающих связи первого уровня.

На основе S_2 получен оргграф, который содержит 111525 вершин и 830295 дуг, выражающих связи второго уровня.

Шаги 3–5. Поскольку в настоящем исследовании в качестве модели сети цитирования использован ориентированный граф, то для апробации разработанного метода были выбраны все три созданные ранее профиля исследования: «Тематическая значимость» (h_1), «Информативность» (h_2) и «Авторитетность» (h_3).

Задача определения наиболее важных публикаций в заданной предметной области поставлена следующим образом: для профиля исследования h_1 найти наиболее важные публикации по конкретной тематике и упорядочить их по убыванию значения

$$C_{imp}^{h_1}(v) = R^{CD} + R^{Cc} + R^{CB} + R^{CAU} + R^{CHU}, \quad (2)$$

где R^{C_D} – ранг узла по степени связности; R^{C_c} – ранг узла по близости к другим узлам; R^{C_B} – ранг узла по посредничеству; R^{CAU} – ранг узла по авторитетности; R^{CHU} – ранг узла по информативности. Индекс релевантности для профиля исследования h_1 принят равным 1 для всех выбранных мер центральной тенденции (см. формулу (1)).

Задача определения наиболее информативных публикаций (профиль исследования h_2) поставлена следующим образом: найти наиболее информативные публикации по конкретной тематике и упорядочить их по убыванию значения

$$C_{inf}^{h_1}(v) = R^{C_{outdeg}} + R^{C_c(out)} + R^{C_B} + R^{CHU}, \tag{3}$$

где $R^{C_{outdeg}}$ – ранг узла по полустепени исхода; $R^{C_c(out)}$ – ранг узла по близости к другим узлам в режиме *out*; R^{C_B} – ранг узла по посредничеству; R^{CHU} – ранг узла по информативности. Индексы релевантности для профиля исследования h_2 , как и в (2), также приняты равными 1 для всех выбранных мер центральной тенденции.

Задача определения наиболее авторитетных публикаций (профиль исследования h_3) поставлена следующим образом: найти наиболее авторитетные публикации по конкретной тематике и упорядочить их по убыванию значения

$$C_{au}^{h_3}(v) = R^{C_{indeg}} + R^{C_c(in)} + R^{C_B} + R^{CAU}, \tag{4}$$

где $R^{C_{indeg}}$ – ранг узла по полустепени захода; $R^{C_c(in)}$ – ранг узла по близости к другим узлам в режиме *in*; R^{C_B} – ранг узла по посредничеству; R^{CAU} – ранг узла по авторитетности. В (4), как и в формулах (1)–(3), индексы релевантности приняты равными 1 для всех выбранных мер центральной тенденции. Такой выбор значения индексов релевантности k^h в указанных задачах отражает одинаковую значимость выбранных мер центральности.

Шаг 6. Ранжирование узлов сетей S_1 и S_2 в порядке убывания значений $C_i(v)$ каждой из мер центральности, входящих в профили исследования, выбранные на шаге 3. Результаты такого ранжирования приведены в табл. 1–3 и 4–6 для сетей S_1 и S_2 соответственно. Для удобства описания номер i указателя вершины графа заменен обозначением a_i . Библиографические описания всех публикаций, обозначенных таким образом, приведены в приложении (табл. 13).

Отметим, что во всех представленных табл. 1–6 указаны только десять вершин из семидесяти, имеющих ранги от одного до десяти.

Табл. 1. Узлы сети S_1 , ранжированные по профилю h_1

Table 1. Nodes of the network S_1 ranked according to the profile h_1

Узел	Ранг узла	Мера C_D	Ранг узла	Мера C_c	Ранг узла	Мера C_B	Ранг узла	Мера CHU	Ранг узла	Мера CAU
a_2	7	28	5	0,281	3	2361,34	7	0,1054	5	0,00324
a_3	2	37	7	0,274	2	2950,15	4	0,1892	1	0,01428
a_5	9	26	10	0,253	1	3265,44	8	0,0896	2	0,01283
a_7	6	29	9	0,262	7	1172,83	10	0,0687	3	0,00518
a_9	3	36	8	0,27	4	2032,61	3	0,2041	6	0,00323
a_{11}	5	33	6	0,275	6	1355,86	5	0,1646	4	0,00351
a_{12}	10	22	2	0,31	10	573,818	2	0,8907	7	0,00241
a_{14}	8	27	1	0,311	9	802,793	1	0,922	10	0,00128
a_{18}	4	34	3	0,283	5	1477,1	9	0,0879	9	0,0019
a_{19}	1	45	4	0,282	8	884,455	6	0,163	8	0,00211

Табл. 2. Узлы сети S_1 , ранжированные по профилю h_2 **Table 2.** Nodes of the network S_1 ranked according to the profile h_2

Узел	Ранг узла	Мера C_{outdeg}	Ранг узла	Мера $C_c(out)$	Ранг узла	Мера C_B	Ранг узла	Мера C_{HU}
a_3	8	23	6	0,369	1	2950,15	5	243
a_6	1	80	1	0,477	2	2427,50	4	250
a_8	4	37	2	0,428	9	385,00	10	3
a_9	6	27	8	0,345	3	2032,61	6	238
a_{11}	7	26	5	0,385	5	1355,86	3	251
a_{12}	10	17	10	0,338	8	573,82	8	9
a_{13}	2	56	3	0,423	10	361,63	7	221
a_{14}	9	22	9	0,342	7	802,79	9	5
a_{18}	5	30	7	0,363	4	1477,10	1	310
a_{19}	3	41	4	0,413	6	884,45	2	253

Табл. 3. Узлы сети S_1 , ранжированные по профилю h_3 **Table 3.** Nodes of the network S_1 ranked according to the profile h_3

Узел	Ранг узла	Мера C_{indeg}	Ранг узла	Мера $C_c(in)$	Ранг узла	Мера C_B	Ранг узла	Мера C_{AU}
a_3	2	14	10	0,524	1	2950,15	10	73
a_6	1	25	1	1,000	2	2427,50	3	843
a_{13}	5	6	1	1,000	10	361,63	5	629
a_{16}	6	4	6	0,833	7	712,63	6	618
a_{17}	6	4	7	0,700	8	696,75	7	531
a_{19}	6	4	7	0,700	5	884,45	8	488
a_{22}	6	4	1	1,000	9	374,09	1	1027
a_{24}	6	4	1	1,000	4	1153,58	2	954
a_{27}	3	13	5	0,933	3	1295,36	4	801
a_{69}	4	7	9	0,583	6	866,95	9	342

Для наглядности сравнения рангов узлов сетей S_1 и S_2 в табл. 4–6 указаны соответственно те же узлы, что и в табл. 1–3. При сравнении рангов узлов сетей S_1 и S_2 наибольшие различия наблюдаются у вершин с наивысшими рангами, а далее различия между рангами уменьшаются (см. также рис. 1–3).

Табл. 4. Узлы сети S_2 , ранжированные по профилю h_1 **Table 4.** Nodes of the network S_2 ranked according to the profile h_1

Узел	Ранг узла	Мера C_D	Ранг узла	Мера C_c	Ранг узла	Мера C_B	Ранг узла	Мера C_{HU}	Ранг узла	Мера C_{AU}
a_2	7	28	5	0,286	1	25356,00	4	50031,00	5	94523,00
a_3	2	37	6	0,284	8	13806,00	7	45500,00	9	76426,00
a_5	9	26	10	0,240	7	17131,00	1	71057,00	10	58896,00
a_7	6	29	9	0,279	2	24605,00	3	52034,00	8	87276,00
a_9	3	36	7	0,282	5	21183,00	5	48012,00	7	93075,00
a_{11}	5	33	8	0,281	4	22937,00	6	46825,00	4	95155,00
a_{12}	10	22	2	0,364	9	9948,00	9	28514,00	3	98558,00
a_{14}	8	27	1	0,365	10	4830,00	10	28100,00	1	99197,00
a_{18}	4	34	3	0,289	6	18503,00	2	52184,00	2	98922,00
a_{19}	1	45	4	0,288	3	23768,00	8	37529,00	6	94515,00

Табл. 5. Узлы сети S_2 , ранжированные по профилю h_2 **Table 5.** Nodes of the network S_2 ranked according to the profile h_2

Узел	Ранг узла	Мера C_{outdeg}	Ранг узла	Мера $C_c(out)$	Ранг узла	Мера C_B	Ранг узла	Мера C_{HU}
a_3	8	23	8	0,256	5	142689,47	5	45500
a_6	7	25	10	0,244	2	513790,86	6	43227
a_8	3	37	3	0,324	3	435508,20	10	26165
a_9	5	27	7	0,258	8	71294,99	3	48012
a_{11}	6	26	9	0,255	9	60514,06	4	46825
a_{12}	10	17	2	0,329	4	228447,43	8	28514
a_{13}	1	56	6	0,259	6	80816,09	2	49172
a_{14}	9	22	1	0,331	1	547838,35	9	28100
a_{18}	4	30	4	0,272	7	80717,38	1	52184
a_{19}	2	41	5	0,265	10	52834,03	7	37529

Табл. 6. Узлы сети S_2 , ранжированные по профилю h_3 **Table 6.** Nodes of the network S_2 ranked according to the profile h_3

Узел	Ранг узла	Мера C_{indeg}	Ранг узла	Мера $C_c(in)$	Ранг узла	Мера C_B	Ранг узла	Мера C_{AU}
a_3	3	14	9	0,440	3	142689,47	3	0,000004833
a_6	2	25	7	0,542	1	513790,86	1	0,000045387
a_{13}	5	6	10	0,418	5	80816,09	5	0,000000187
a_{16}	6	4	2	0,833	6	60893,13	9	0,000000079
a_{17}	6	4	5	0,588	10	24444,63	10	0,000000065
a_{19}	6	4	8	0,486	7	52834,03	8	0,000000146
a_{22}	6	4	3	0,750	9	30494,90	6	0,000000185
a_{24}	6	4	1	1,000	8	37986,64	7	0,000000151
a_{27}	4	13	4	0,615	4	127016,60	2	0,000021727
a_{69}	1	28	6	0,560	2	202203,93	4	0,000001432

Шаг 7. Для каждого узла сети вычислено значение $C^h(v)$ обобщенного показателя степени важности (см. (1)) по трем профилям исследования и проведено ранжирование. Результаты представлены в табл. 7 и 8 для сетей S_1 и S_2 соответственно.

Табл. 7. Ранжирование узлов сети S_1 по трем профилям исследования**Table 7.** Ranking of the nodes in the network S_1 according to three profiles under study

Узел	Ранг по h_1	Узел	Ранг по h_2	Узел	Ранг по h_3
a_2	7	a_7	6	a_3	3
a_3	1	a_6	4	a_6	1
a_5	4	a_8	1	a_{13}	2
a_7	10	a_9	9	a_{16}	8
a_9	5	a_{11}	7	a_{17}	9
a_{11}	8	a_{12}	3	a_{19}	7
a_{12}	2	a_{13}	8	a_{22}	10
a_{14}	3	a_{14}	2	a_{24}	5
a_{18}	9	a_{18}	10	a_{27}	4
a_{19}	6	a_{19}	5	a_{69}	6

Табл. 8. Ранжирование узлов сети S_2 по трем профилям исследования**Table 8.** Ranking of the nodes in the network S_2 according to three profiles under study

Узел	Ранг по h_1	Узел	Ранг по h_2	Узел	Ранг по h_3
a_2	18	a_3	8	a_3	14
a_3	7	a_5	11	a_6	5
a_5	26	a_8	1	a_{13}	15
a_7	19	a_9	13	a_{16}	19
a_9	12	a_{11}	14	a_{17}	25
a_{11}	15	a_{12}	3	a_{19}	24
a_{12}	3	a_{13}	9	a_{22}	20
a_{14}	2	a_{14}	2	a_{24}	18
a_{18}	13	a_{18}	12	a_{27}	3
a_{19}	8	a_{19}	5	a_{69}	4

Шаг 8. В табл. 9 представлены результаты ранжирования публикаций сети S_1 по степени важности в соответствии со значениями $C^h(v)$ по рассматриваемым профилям h_1 , h_2 и h_3 соответственно.

В табл. 10 представлены результаты ранжирования публикаций сети S_2 по степени важности в соответствии со значениями $C^h(v)$ по рассматриваемым профилям исследования h_1 , h_2 и h_3 соответственно.

Табл. 9. Сравнение рангов узлов сети S_1 по каждому профилю исследования**Table 9.** Comparison of the node ranks in the network S_1 for each profile under study

Ранг по h_1	Узел	Ранг по h_2	Узел	Ранг по h_3	Узел
1	a_3	1	a_8	1	a_6
2	a_{12}	2	a_{14}	2	a_{13}
3	a_{14}	3	a_{12}	3	a_3
4	a_5	4	a_6	4	a_{27}
5	a_9	5	a_{19}	5	a_{24}
6	a_{19}	6	a_3	6	a_{69}
7	a_2	7	a_{11}	7	a_{19}
8	a_{11}	8	a_{13}	8	a_{16}
9	a_{18}	9	a_9	9	a_{17}
10	a_7	10	a_{18}	10	a_{22}

Табл. 10. Сравнение рангов узлов сети S_2 по каждому профилю исследования**Table 10.** Comparison of the node ranks in the network S_2 for each profile under study

Ранг по h_1	Узел	Ранг по h_2	Узел	Ранг по h_3	Узел
2	a_{14}	1	a_8	3	a_{27}
3	a_{12}	2	a_{14}	4	a_{69}
7	a_3	3	a_{12}	5	a_6
8	a_{19}	5	a_{19}	14	a_3
12	a_9	8	a_3	15	a_{13}
13	a_{18}	9	a_{13}	18	a_{24}
15	a_{11}	11	a_6	19	a_{16}
18	a_2	12	a_{18}	20	a_{22}
19	a_7	13	a_9	24	a_{19}
26	a_5	14	a_{11}	25	a_{17}

5. Сравнительный анализ результатов эксперимента

В настоящем исследовании были собраны два варианта сети цитирования научных публикаций Института ИТИС: сеть S_1 , содержащая связи только первого уровня, и сеть S_2 со связями второго уровня. Проведенный эксперимент позволил наглядно показать зависимость значений обобщенного показателя степени важности каждой вершины графа от ее окружения. Это означает, что степень важности научной публикации будет зависеть от того, какие публикации ее цитируют и на какие публикации она ссылается. Также можно определить, насколько исследуемая публикация близка по своей тематике с публикациями, которые ее окружают.

Для расчета линейной корреляции между рангами (коэффициента ранговой корреляции Спирмена) была использована функция КОРРЕЛ в Excel. Коэффициенты ранговой корреляции (ρ) при сравнении рангов в S_1 и S_2 принимают значения, большие 0,8, по всем трем профилям исследования (табл. 11).

Табл. 11. Значения коэффициентов ранговой корреляции

Table 11. Values of the rank correlation coefficients

-	h_1	h_2	h_3
ρ	0,809137645	0,806995061	0,80164771

В табл. 12 (см. приложение) представлены значения рангов всех публикаций сотрудников Института ИТИС, полученные по результатам вычисления значений $C^h(v)$ для сетей S_1 и S_2 . В этой таблице значения рангов публикаций сети S_1 упорядочены в порядке убывания для всех профилей исследования h_1 , h_2 и h_3 . Для сопоставления приведены значения рангов этих публикаций в сети S_2 . Видно, что разности значений рангов узлов сетей S_1 и S_2 достигают больших значений: например, у публикации a_{35} разность значений по профилю исследования h_1 равна 44, по профилю исследования h_2 – 48, а по профилю исследования h_3 – 39.

На рис. 1–3 (см. приложение) представлены диаграммы корреляции по рассматриваемым профилям исследования. Они свидетельствуют о существенной взаимосвязи. Однако если обратить внимание на табл. 12, то можно обнаружить у большинства публикаций понижение рангов, причем значительное. Например, у публикации a_5 ранг в S_1 равен 4, а ранг в S_2 – 26 по профилю h_1 , аналогично снижение ранга у этой публикации по профилю h_2 с двенадцатой позиции на сорок третью. В то же время по профилю h_3 у этой публикации наблюдается повышение ранга с двенадцати до шести.

В приложении приведена также табл. 13, устанавливающая связь указателя i вершины графа с библиографическими данными публикаций a_i для сети цитирования научных публикаций сотрудников Института ИТИС.

Заключение

Предложен подход к анализу степени важности научных публикаций с использованием сетей цитирования. Такой подход позволяет осуществить более глубокий анализ названного показателя по сравнению с библиометрическим подходом, поскольку известные и широко применяемые библиометрические показатели, основанные только на количестве цитирований, дают только поверхностную оценку. Библиометрические показатели можно сопоставить с показателями сетей цитирования, имеющими связи только первого уровня.

Соответственно, с помощью них невозможно дать полную оценку степени важности публикаций в исследуемой тематической области. Подтверждением данному тезису служит наглядный пример, полученный в результате сравнения рангов узлов сетей S_1 и S_2 .

В техническом плане возможности масштабирования понятны с точки зрения наращивания количества уровней связей. Также очевидна возможность широкого применения сетевого анализа для выявления тенденций в развитии научных направлений путем изучения взаимосвязей публикаций.

По результатам проведенного эксперимента можно сделать вывод о важности исследования в сетях цитирования взаимосвязей разных уровней.

Литература

1. *Saleh M., Esa Y., Onuorah N., Mohamed A.A.* Optimal microgrids placement in electric distribution systems using complex network framework // 2017 IEEE 6th Int. Conf. on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA). San Diego, CA: IEEE, 2017. P. 1036–1040. <https://doi.org/10.1109/ICRERA.2017.8191215>.
2. *Habibi I., Emamian E.S., Abdi A.* Quantitative analysis of intracellular communication and signaling errors in signaling networks // BMC Syst. Biol. 2014. V. 8, No 1. Art. 89. <https://doi.org/10.1186/s12918-014-0089-z>.
3. *Sindbæk S.M.* Networks and nodal points: The emergence of towns in early Viking Age Scandinavia // Antiquity. 2007, V. 81, No 311. P. 119–132. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00094886>.
4. *Paradowski M.B., Cierpich-Koziel A., Chen C.-C., Ochab J.K.* How output outweighs input and interlocutors matter for study-abroad SLA: Computational social network analysis of learner interactions // Mod. Lang. J. 2022. V. 106, No 4. P. 694–725. <https://doi.org/10.1111/modl.12811>.
5. *Sunkersing D., Martin F.C., Sullivan P., Bell D.* Care and support networks of community-dwelling frail individuals in North West London: A comparison of patient and healthcare workers' perceptions // BMC Geriatr. 2022. V. 22, No 1. Art. 953. <https://doi.org/10.1186/s12877-022-03561-y>.
6. *Paradowski M.B., Jelińska M.* The predictors of L2 grit and their complex interactions in online foreign language learning: Motivation, self-directed learning, autonomy, curiosity, and language mindsets // Comput. Assisted Lang. Learn. 2023. V. 37, No 8. P. 2320–2358. <https://doi.org/10.1080/09588221.2023.2192762>.
7. *Saberi M., Khosrowabadi R., Khatibi A., Mistic B., Jafari G.* Topological impact of negative links on the stability of resting-state brain network // Sci. Rep. 2021. V. 11, No 1. Art. 2176. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81767-7>.
8. *Печников А.А.* Пилотная модель сети научных журналов России: анализ на основе графа пересечений // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. 2025. Т. 167, кн. 2. С. 311–328. <https://doi.org/10.26907/2541-7746.2025.2.311-328>.
9. *Бредихин С.В., Ляпунов В.М., Щербакова Н.Г.* Структура сети цитирования научных журналов // Пробл. информ. 2017. № 2. С. 38–52.
10. *Gross P.L.K., Gross E.M.* College libraries and chemical education // Science. 1927. V. 66, No 1713. P. 385–389. <https://doi.org/10.1126/science.66.1713.385>.

11. *de Solla Price D.J.* Networks of scientific papers: The pattern of bibliographic references indicates the nature of the scientific research front // *Science*. 1965. V. 149, No 3683. P. 510–515.
<https://doi.org/10.1126/science.149.3683.510>.
12. *Small H.* Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents // *J. Am. Soc. Inf. Sci.* 1973. V. 24, No 4. P. 265–269.
<https://doi.org/10.1002/asi.4630240406>.
13. *Маркусова В.А.* Введение. К 50-летию Science Citation Index: История и развитие наукометрии // *Руководство по наукометрии: индикаторы развития науки и технологии / М.А. Аков [и др.]. Екатеринбург: Изд-во Уральск. ун-та, 2014. С. 14–48.*
14. *Luke D.A.* A User's Guide to Network Analysis in R. Ser.: Use R! Cham: Springer, 2015. xii, 238 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-23883-8>.
15. *Ольгина И.Г.* Методы математического моделирования сетей цитирования для комплектования фонда научных библиотек // *Вестн. технолог. ун-та.* 2019. Т. 22, № 6. С. 123–127.
16. *Щербакова Н.Г.* Меры центральности в сетях // *Пробл. информ.* 2015. № 2. С. 18–30.
17. *Бредихин С.В., Ляпунов В.М., Щербакова Н.Г., Юргенсон А.Н.* Параметры «центральности» узлов сети цитирования научных статей // *Пробл. информ.* 2016. № 1. С. 39–57.
18. *Щербакова Н.Г.* Аксиоматика центральности в комплексных сетях // *Пробл. информ.* 2015. № 3. С. 3–14.
19. *Ольгина И.Г., Пронин И.В., Абдрахманов А.Н.* Построение графовых моделей сети цитирования научных публикаций // *Сист. упр., информ. техн. и матем. моделир.: Матер. II Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участ. В 2-х т. Омск, 19–20 мая 2020 г. / Отв. редактор В.Н. Задорожный. Т. I. Омск: Омск. гос. техн. ун-т, 2020. С. 118–125.*
20. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020615709 Российская Федерация. Программный комплекс LinkAnalyzer 1.0 для сбора и анализа информации о цитировании научных публикаций: № 2020614572: заявл. 21.05.2020: опубл. (зарег.) 29.05.2020 / И.Г. Ольгина, А.Н. Абдрахманов; заявитель Омск. гос. техн. ун-т. 1 с.
21. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021661693 Российская Федерация. Генератор списка источников информации в сетях цитирования: № 2021660969: заявл. 14.07.2021: опубл. (зарег.) 14.07.2021 / И.Г. Ольгина, Д.С. Осипов; заявитель Омск. гос. техн. ун-т. 1 с.
22. OpenAlex. URL: <https://openalex.org/>.
23. Электронный ресурс: OpenAlex. URL: <https://library.fa.ru/resource.asp?id=931>.
24. Институт информационных технологий и интеллектуальных систем.
URL: <https://kpfu.ru/itis>.

References

1. Saleh M., Esa Y., Onuorah N., Mohamed A.A. Optimal microgrids placement in electric distribution systems using complex network framework. *2017 IEEE 6th Int. Conf. on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)*. San Diego, CA, IEEE, 2017, pp. 1036–1040.
<https://doi.org/10.1109/ICRERA.2017.8191215>.

2. Habibi I., Emamian E.S., Abdi A. Quantitative analysis of intracellular communication and signaling errors in signaling networks. *BMC Syst. Biol.*, 2014, vol. 8, no. 1, art. 89. <https://doi.org/10.1186/s12918-014-0089-z>.
3. Sindbæk S.M. Networks and nodal points: The emergence of towns in early Viking Age Scandinavia. *Antiquity*, 2007, vol. 81, no. 311, pp. 119–132. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00094886>.
4. Paradowski M.B., Cierpich-Kozieł A., Chen C.-C., Ochab J.K. How output outweighs input and interlocutors matter for study-abroad SLA: Computational social network analysis of learner interactions. *Mod. Lang. J.*, 2022, vol. 106, no. 4, pp. 694–725. <https://doi.org/10.1111/modl.12811>.
5. Sunkersing D., Martin F.C., Sullivan P., Bell D. Care and support networks of community-dwelling frail individuals in North West London: A comparison of patient and healthcare workers' perceptions. *BMC Geriatr.*, 2022, vol. 22, no. 1, art. 953. <https://doi.org/10.1186/s12877-022-03561-y>.
6. Paradowski M.B., Jelińska M. The predictors of L2 grit and their complex interactions in online foreign language learning: Motivation, self-directed learning, autonomy, curiosity, and language mindsets. *Comput. Assisted Lang. Learn.*, 2023, vol. 37, no. 8, pp. 2320–2358. <https://doi.org/10.1080/09588221.2023.2192762>.
7. Saberi M., Khosrowabadi R., Khatibi A., Masic B., Jafari G. Topological impact of negative links on the stability of resting-state brain network. *Sci. Rep.*, 2021, vol. 11, no. 1, art. 2176. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81767-7>.
8. Pechnikov A.A. A pilot model of the scientific journal network in Russia: An intersection graph analysis. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Fiziko-Matematicheskie Nauki*, 2025, vol. 167, no. 2, pp. 311–328. <https://doi.org/10.26907/2541-7746.2025.2.311-328>. (In Russian)
9. Bredikhin S.V., Lyapunov V.M., Shcherbakova N.G. Structure of the citation network of scientific journals. *Probl. Inf.*, 2017, no. 2, pp. 38–52. (In Russian)
10. Gross P.L.K., Gross E.M. College libraries and chemical education. *Science*, 1927, vol. 66, no. 1713, pp. 385–389. <https://doi.org/10.1126/science.66.1713.385>.
11. de Solla Price D.J. Networks of scientific papers: The pattern of bibliographic references indicates the nature of the scientific research front. *Science*, 1965, vol. 149, no. 3683, pp. 510–515. <https://doi.org/10.1126/science.149.3683.510>.
12. Small H. Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. *J. Am. Soc. Inf. Sci.*, 1973, vol. 24, no. 4, pp. 265–269. <https://doi.org/10.1002/asi.4630240406>.
13. Markusova V.A. Introduction. On the 50th anniversary of the Science Citation Index: The history and development of scientometrics. In: *Rukovostvo po naukometrii: indikatory razvitiya nauki i tekhniki* [Handbook for Scientometrics: Indicators of Science and Technology Development]. Akoev M.A. et al. (Eds.). Yekaterinburg, Izd. Ural. Univ., 2014, pp. 14–48. (In Russian)
14. Luke D.A. *A User's Guide to Network Analysis in R*. Ser.: Use R! Cham, Springer, 2015. xii, 238 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-23883-8>.

15. Olgina I.G. Methods of mathematical modeling the citation networks to form research holdings. *Vestn. Kazan. Tekhnol. Univ.*, 2019, vol. 22, no. 6, pp. 123–127. (In Russian)
16. Shcherbakova N.G. Measures of centrality in networks. *Probl. Inf.*, 2015, no. 2, pp. 18–30. (In Russian)
17. Bredikhin S.V., Lyapunov N.G., Shcherbakova N.G., Yurgenson A.N. Parameters of “centrality” for nodes in the citation network of scientific articles. *Probl. Inf.*, 2016, no. 1, pp. 39–57. (In Russian)
18. Shcherbakova N.G. Axiomatics of centrality in complex networks. *Probl. Inf.*, 2015, no. 3, pp. 3–14. (In Russian)
19. Olgina I.G., Pronin I.V., Abdrakhmanov A.N. Building graph models of the citation network of scientific publications. In: *Sist. upr., inf. tehnol. mat. model.: Mater. Vtoroi Vseros. nauch.-prakt. konf. mezhdunar. uchastiem* [Control Systems, Information Technology, and Mathematical Modeling: Proc. 2nd All-Russ. Sci.-Pract. Conf. with Int. Participation]. Vol. 1. Omsk, Omsk. Gos. Tekh. Univ., 2020, pp. 118–125. (In Russian)
20. Olgina I.G., Abdrakhmanov A.N. State Registration Certificate for Software No. 2020615709. LinkAnalyzer 1.0 software package for collecting and analyzing information about citations of scientific publications. Omsk State Technical University, 2020. (In Russian)
21. Olgina I.G., Osipov D.S. State Registration Certificate for Software No. 2021661693. Generator information source lists in citation networks. Omsk State Technical University, 2021. (In Russian)
22. OpenAlex. URL: <https://openalex.org/>.
23. Electronic resource: OpenAlex. URL: <https://library.fa.ru/resource.asp?id=931>. (In Russian)
24. Institute of Information Technology and Intelligent Systems. URL: <https://kpfu.ru/itis>. (In Russian)

Приложение

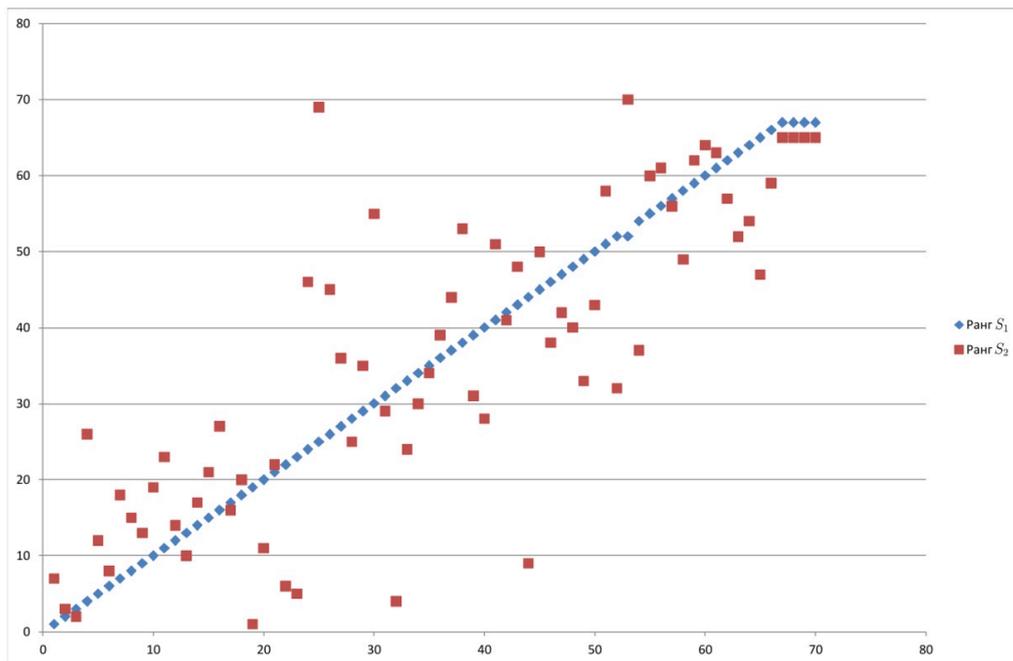


Рис. 1. Корреляционное поле зависимости между рангами публикаций сетей S_1 и S_2 по профилю h_1

Fig. 1. Correlation field of the relationship between the publication ranks of the networks S_1 and S_2 according to the profile h_1

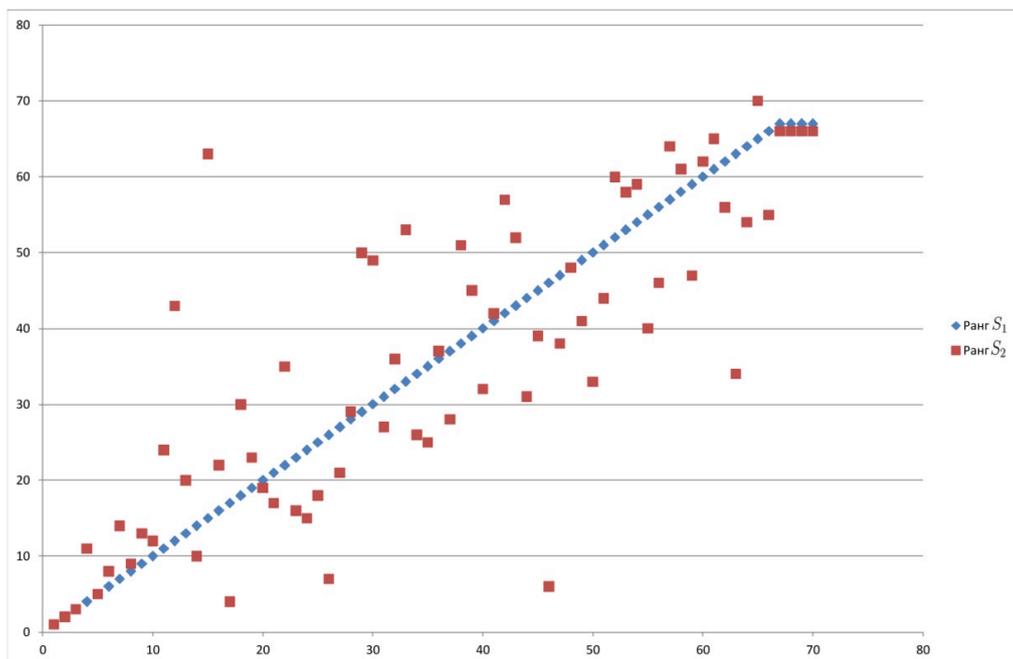


Рис. 2. Корреляционное поле зависимости между рангами публикаций сетей S_1 и S_2 по профилю h_2

Fig. 2. Correlation field of the relationship between the publication ranks of the networks S_1 and S_2 according to the profile h_2

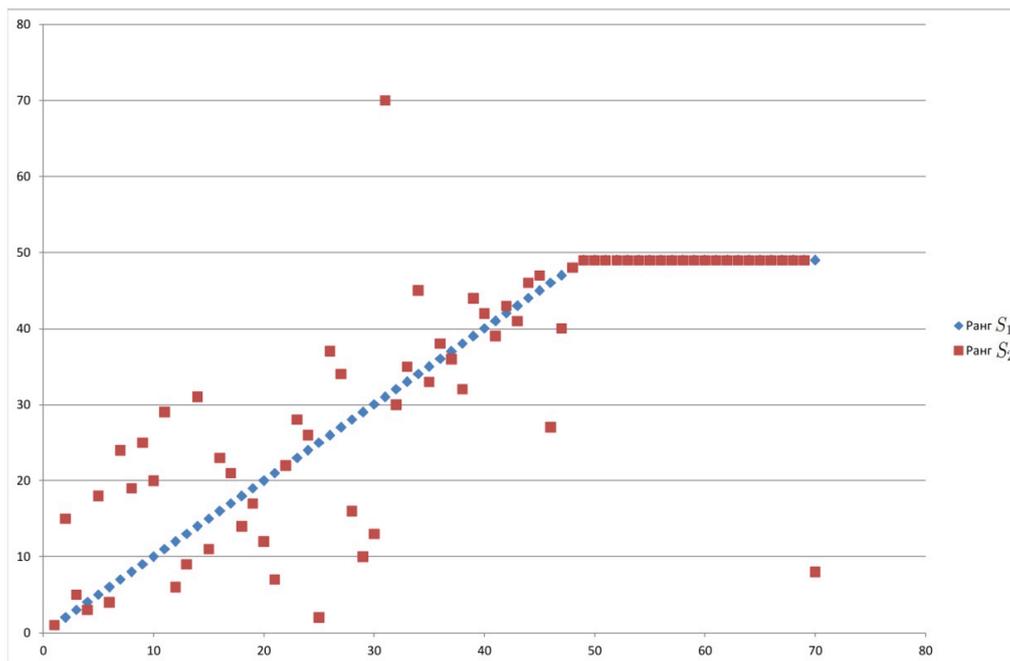


Рис. 3. Корреляционное поле зависимости между рангами публикаций сетей S_1 и S_2 по профилю h_3

Fig. 3. Correlation field of the relationship between the publication ranks of the networks S_1 and S_2 according to the profile h_3

Табл. 12. Сравнение рангов узлов сетей S_1 и S_2

Table 12. Comparison of the node ranks in the networks S_1 and S_2

Профиль h_1			Профиль h_2			Профиль h_3		
Узел	Ранг в S_1	Ранг в S_2	Узел	Ранг в S_1	Ранг в S_2	Узел	Ранг в S_1	Ранг в S_2
a_3	1	7	a_8	1	1	a_6	1	1
a_{12}	2	3	a_{14}	2	2	a_{13}	2	15
a_{14}	3	2	a_{12}	3	3	a_3	3	5
a_5	4	26	a_6	4	11	a_{27}	4	3
a_9	5	12	a_{19}	5	5	a_{24}	5	18
a_{19}	6	8	a_3	6	8	a_{69}	6	4
a_2	7	18	a_{11}	7	14	a_{19}	7	24
a_{11}	8	15	a_{13}	8	9	a_{16}	8	19
a_{18}	9	13	a_9	9	13	a_{17}	9	25
a_7	10	19	a_{18}	10	12	a_{22}	10	20
a_{23}	11	23	a_{23}	11	24	a_{23}	11	29
a_1	12	14	a_5	12	43	a_5	12	6
a_4	13	10	a_2	13	20	a_8	13	9
a_{17}	14	17	a_4	14	10	a_{20}	14	31
a_{69}	15	21	a_{35}	15	63	a_9	15	11
a_{38}	16	27	a_7	16	22	a_{18}	16	23
a_{21}	17	16	a_{10}	17	4	a_{41}	17	21
a_{16}	18	20	a_{69}	18	30	a_2	18	14
a_8	19	1	a_{38}	19	23	a_{11}	19	17
a_{13}	20	11	a_{21}	20	19	a_7	20	12

a_{24}	21	22	a_{36}	21	17	a_1	21	7
a_{27}	22	6	a_{43}	22	35	a_{38}	22	22
a_6	23	5	a_{17}	23	16	a_{43}	23	28
a_{20}	24	46	a_{16}	24	15	a_{21}	24	26
a_{35}	25	69	a_1	25	18	a_{10}	25	2
a_{41}	26	45	a_{27}	26	7	a_{42}	26	37
a_{32}	27	36	a_{24}	27	21	a_{39}	27	34
a_{22}	28	25	a_{30}	28	29	a_{12}	28	16
a_{43}	29	35	a_{41}	29	50	a_4	29	10
a_{42}	30	55	a_{20}	30	49	a_{14}	30	13
a_{30}	31	29	a_{25}	31	27	a_{35}	31	70
a_{10}	32	4	a_{32}	32	36	a_{25}	32	30
a_{36}	33	24	a_{28}	33	53	a_{26}	33	35
a_{25}	34	30	a_{31}	34	26	a_{32}	34	45
a_{31}	35	34	a_{34}	35	25	a_{15}	35	33
a_{51}	36	39	a_{37}	36	37	a_{28}	36	38
a_{37}	37	44	a_{22}	37	28	a_{44}	37	36
a_{39}	38	53	a_{39}	38	51	a_{33}	38	32
a_{26}	39	31	a_{29}	39	45	a_{36}	39	44
a_{34}	40	28	a_{44}	40	32	a_{30}	40	42
a_{52}	41	51	a_{51}	41	42	a_{31}	41	39
a_{53}	42	41	a_{42}	42	57	a_{46}	42	43
a_{49}	43	48	a_{52}	43	52	a_{34}	43	41
a_{70}	44	9	a_{26}	44	31	a_{29}	44	46
a_{29}	45	50	a_{63}	45	39	a_{47}	45	47
a_{65}	46	38	a_{70}	46	6	a_{37}	46	27
a_{44}	47	42	a_{65}	47	38	a_{45}	47	40
a_{63}	48	40	a_{49}	48	48	a_{40}	48	48
a_{68}	49	33	a_{53}	49	41	a_{48}	49	49
a_{64}	50	43	a_{66}	50	33	a_{49}	49	49
a_{54}	51	58	a_{64}	51	44	a_{50}	49	49
a_{33}	52	32	a_{45}	52	60	a_{51}	49	49
a_{40}	52	70	a_{54}	53	58	a_{52}	49	49
a_{66}	54	37	a_{47}	54	59	a_{53}	49	49
a_{45}	55	60	a_{33}	55	40	a_{54}	49	49
a_{47}	56	61	a_{50}	56	46	a_{55}	49	49
a_{58}	57	56	a_{62}	57	64	a_{56}	49	49
a_{50}	58	49	a_{61}	58	61	a_{57}	49	49
a_{62}	59	62	a_{57}	59	47	a_{58}	49	49
a_{61}	60	64	a_{15}	60	62	a_{59}	49	49
a_{59}	61	63	a_{59}	61	65	a_{60}	49	49
a_{46}	62	57	a_{46}	62	56	a_{61}	49	49
a_{28}	63	52	a_{68}	63	34	a_{62}	49	49
a_{55}	64	54	a_{58}	64	54	a_{63}	49	49
a_{57}	65	47	a_{40}	65	70	a_{64}	49	49
a_{15}	66	59	a_{55}	66	55	a_{65}	49	49
a_{48}	67	65	a_{48}	67	66	a_{66}	49	49
a_{56}	67	65	a_{56}	67	66	a_{67}	49	49
a_{60}	67	65	a_{60}	67	66	a_{68}	49	49
a_{67}	67	65	a_{67}	67	66	a_{70}	49	8

Ниже приведена табл. 13, устанавливающая связь указателя i вершины графа с библиографическими данными публикаций a_i для сети цитирования научных публикаций сотрудников Института ИТИС.

Табл. 13. Библиографические данные публикаций a_i

Table 13. Bibliographic data of the publications a_i

a_i	Библиографические данные a_i
a_1	R. Safin, E. Garipova, R. Lavrenov, H. Li, M. Svinin and E. Magid. Hardware and software video encoding comparison // 59th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE), Chiang Mai, Thailand, 2020, pp. 924-929. https://doi.org/10.23919/SICE48898.2020.9240439 .
a_2	L. Gavrilova, A. Kotik, T. Tsoy, E. A. Martínez-García, M. Svinin and E. Magid. Facilitating a preparatory stage of real-world experiments in a humanoid robot assisted English language teaching using Gazebo simulator // 13th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE), Liverpool, United Kingdom, 2020, pp. 222-227. https://doi.org/10.1109/DeSE51703.2020.9450749 .
a_3	Khazetdinov Artur, Aleksandrov Andrey, Zakiev Aufar, Magid Evgeni, Hsia Kuo-Hsien. RFID-Based Warehouse Management System Prototyping Using A Heterogeneous Team Of Robots // CLAWAR 2020: 23rd International Conference on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines, Moscow, Russian Federation, 24-26 August 2020. https://doi.org/10.13180/clawar.2020.24-26.08.32 .
a_4	L. Gavrilova, V. Petrov, A. Kotik, A. Sagitov, L. Khalitova and T. Tsoy. Pilot Study of Teaching English Language for Preschool Children with a Small-Size Humanoid Robot Assistant // 12th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE), Kazan, Russia, 2019, pp. 253-260. https://doi.org/10.1109/DeSE.2019.00055 .
a_5	N. Simakov, R. Lavrenov, A. Zakiev, R. Safin, and E. A. Martínez-García. Modeling USAR Maps for the Collection of Information on the State of the Environment // 2019 12th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE), Kazan, Russia, 2019, pp. 918-923. https://doi.org/10.1109/DeSE.2019.00170 .
a_6	Shumkova V., Sitdikova V., Rechapov I. et al. Effects of urethane and isoflurane on the sensory evoked response and local blood flow in the early postnatal rat somatosensory cortex. Sci Rep, 2021, vol. 11, No. 9567 (2021). https://doi.org/10.1038/s41598-021-88461-8 .
a_7	T. Tsoy, A. Zakiev, K. Shabalina, R. Safin, E. Magid, and S. K. Saha. Validation of Fiducial Marker Systems Performance with Rescue Robot Servosila Engineer Onboard Camera in Laboratory Environment // 12th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE), Kazan, Russia, 2019, pp. 495-499. https://doi.org/10.1109/DeSE.2019.00096 .
a_8	A. Khasianov, I. Alimova, A. Marchenko, G. Nurhambetova, E. Tutubalina, and D. Zuev. Lawyer's Intellectual Tool for Analysis of Legal Documents in Russian // International Conference on Artificial Intelligence Applications and Innovations (IC-AIAI), Nicosia, Cyprus, 2018, pp. 42-46. https://doi.org/10.1109/IC-AIAI.2018.8674441 .
a_9	R. Safin, R. Lavrenov, K.-H. Hsia, E. Maslak, N. Schiefermeier-Mach, and E. Magid. Modelling a TurtleBot3 Based Delivery System for a Smart Hospital in Gazebo // International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), Kazan, Russia, 2021, pp. 1-6. https://doi.org/10.1109/SIBCON50419.2021.9438875 .
a_{10}	Suleimanova Alina, Talanov Max, van den Maagdenberg Arn M. J. M., and Giniatullin Rashid. Deciphering in silico the Role of Mutated NaV1.1 Sodium Channels in Enhancing Trigeminal Nociception in Familial Hemiplegic Migraine Type 3 // Frontiers in Cellular Neuroscience, 2021, Vol. 15. https://doi.org/10.3389/fncel.2021.644047
a_{11}	A. Dobrokvashina, R. Lavrenov, T. Tsoy, E.A. Martinez-Garcia, and Y. Bai. Navigation stack for the crawler robot Servosila Engineer // IEEE 16th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), Chengdu, China, 2021, pp. 1907-1912. https://doi.org/10.1109/ICIEA51954.2021.9516393 .
a_{12}	A. Khazetdinov, A. Zakiev, T. Tsoy, R. Lavrenov, and K.-H. Hsia. Standard-complaint Gazebo warehouse modelling and validation // 13th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE), Liverpool, United Kingdom, 2020, pp. 218-221. https://doi.org/10.1109/DeSE51703.2020.9450734 .
a_{13}	Martinez-Garcia Edgar, Lavrenov Roman, and Magid Evgeni. Robot Fish Caudal Propulsive Mechanisms: A Mini-Review // AI, Computer Science and Robotics Technology, 2022, pp. 1-17. https://doi.org/10.5772/acrt.09 .
a_{14}	Safin R. et al. Prioritizing Tasks Within a Robotic Transportation System for a Smart Hospital Environment. Interactive Collaborative Robotics. ICR 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol. 12998. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87725-5_16
a_{15}	M. Shigapov and V. Kugurakova. Design and development of a hardware and software system for simulation of feedback tactility // International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), Kazan, Russia, 2021, pp. 1-6. https://doi.org/10.1109/SIBCON50419.2021.9438902 .
a_{16}	B. Abbyasov et al. Ultrasound sensor modeling in Gazebo simulator for diagnostics of abdomen pathologies // International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), Kazan, Russia, 2021, pp. 1-6. https://doi.org/10.1109/SIBCON50419.2021.9438910 .
a_{17}	Nikiforov N., Tsoy T., Safin R., Bai Y., Svinin M., and Magid E. Pilot Studies on Avrora Unior Car-Like Robot Control Using Gestures. Electromechanics and Robotics. Smart Innovation, Systems and Technologies, 2022, vol. 232. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2814-6_24 .
a_{18}	Apurin A. et al. LIRS-ArtBul: Design, Modeling and Construction of an Omnidirectional Chassis for a Modular Multipurpose Robotic Platform. Interactive Collaborative Robotics. ICR 2022. Lecture Notes in Computer Science, 2022, vol. 13719. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-23609-9_7 .

a19	Myrzin V., Tsoy T., Bai Y., Svinin M., and Magid E. Visual Data Processing Framework for a Skin-Based Human Detection. <i>Interactive Collaborative Robotics. ICR 2021. Lecture Notes in Computer Science</i> , 2021, vol. 12998. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87725-5_12 .
a20	D. Kiryanov, R. Lavrenov, R. Safin, M. Svinin, and E. Magid. Mobile application for controlling multiple robots // 2021 IEEE 16th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), Chengdu, China, 2021, pp. 1913-1917. https://doi.org/10.1109/ICIEA51954.2021.9516091 .
a21	Kononov K., Lavrenov R., Gavrilova L., and Tsoy T. External RGB-D Camera Based Mobile Robot Localization in Gazebo Environment with Real-Time Filtering and Smoothing Techniques. <i>Electromechanics and Robotics. Smart Innovation, Systems and Technologies</i> , 2022, vol. 232. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2814-6_20
a22	Mustafin M., Chebotareva E., Li H., and Magid E. Experimental Validation of an Interface for a Human-Robot Interaction Within a Collaborative Task. <i>Interactive Collaborative Robotics. ICR 2023. Lecture Notes in Computer Science</i> , vol. 14214. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43111-1_3 .
a23	E. Chebotareva, E. Magid, A. Carballo, and K.-H. Hsia. Basic User Interaction Features for Human-Following Cargo Robot TIAGo Base // 2020 13th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE), Liverpool, United Kingdom, 2020, pp. 206-211. https://doi.org/10.1109/DeSE51703.2020.9450794 .
a24	Apurin A., Abbyasov B., Martínez-García E.A., and Magid E. Comparison of ROS Local Planners for a Holonomic Robot in Gazebo Simulator. <i>Interactive Collaborative Robotics. ICR 2023. Lecture Notes in Computer Science</i> , 2023, vol. 14214. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43111-1_11 .
a25	Torres-Martínez A.A., Martínez-García E.A., Lavrenov R., and Magid E. Four Wheeled Humanoid Second-Order Cascade Control of Holonomic Trajectories. <i>Artificial Intelligence for Robotics and Autonomous Systems Applications. Studies in Computational Intelligence</i> , 2023, vol. 1093. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-28715-2_15 .
a26	Tlitova Alina, Toshev Alexander, Talanov Max, and Kurnosov Vitaliy. Meta-Analysis of Cross-Language Plagiarism and Self-Plagiarism Detection Methods for Russian-English Language Pair // <i>Frontiers in Computer Science</i> , 2020, vol. 2. https://doi.org/10.3389/fcomp.2020.523053 .
a27	Li H, Nie X, Duan D, et al. An admittance-controlled amplified force tracking scheme for collaborative lumbar puncture surgical robot system. <i>Int. J. Med. Robot.</i> 2022, vol. 18, iss. 5, no. e2428. https://doi.org/10.1002/rcs.2428
a28	S. Shalagin and A. Nurutdinova. Stochastic identification of the "Object-attribute" table based on the modified Rabiner's method // <i>Journal of Physics: Conference Series</i> , 2021, vol. 1925 012014. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1925/1/012014 .
a29	R. R. Kirayeva, M.R. Khafizov, T.T. Turdiev, and V.V. Kugurakova. Automated Testing of Functional Requirements for Virtual Reality Applications // <i>IEEE XVI International Scientific and Technical Conference Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE)</i> , Novosibirsk, Russian Federation, 2023, pp. 1760-1764. https://doi.org/10.1109/APEIE59731.2023.10347611 .
a30	Alexeev Alexander, Tsoy Tatyana, Martinez-Garcia Edgar, and Magid Evgeni. An Overview of Kinect Based Gesture Recognition Methods // <i>Proceedings of International Conference on Artificial Life and Robotics</i> , 2024, vol. 29, pp. 295-299. https://doi.org/10.5954/icarob.2024.os11-1 .
a31	R. Sultanov, R. Lavrenov, S. Sulaiman, Y. Bai, M. Svinin, and E. Magid. Object Detection Methods for a Robot Soccer // 7th International Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT), Astrakhan, Russian Federation, 2023, pp. 1-5. https://doi.org/10.1109/ICCT58878.2023.10347064 .
a32	D. Imaeev, A. Zakiev, E. Magid, E. Martinez-Garcia, and H. Li. Modeling autonomous perpendicular parking procedure for car-like robot Avroa Unior in Gazebo simulator // 2022 International Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT), Astrakhan, Russian Federation, 2022, pp. 1-4. https://doi.org/10.1109/ICCT56057.2022.9976618 .
a33	E. Maslak, B. Khudanov, D. Krivtsova, and T. Tsoy. Application of Information Technologies and Quantitative Light-Induced Fluorescence for the Assessment of Early Caries Treatment Outcomes // 12th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE), Kazan, Russia, 2019, pp. 912-917. https://doi.org/10.1109/DeSE.2019.00169 .
a34	S. Sulaiman, A. Sudheer, and E. Magid. Torque control of a wheeled humanoid robot with dual redundant arms // <i>Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering</i> . 2023, vol. 238, no. 2, pp. 252-271. https://doi.org/10.1177/09596518231188497 .
a35	L. Safarova, B. Abbyasov, T. Tsoy, H. Li, and E. Magid. Comparison of Monocular ROS-Based Visual SLAM Methods // <i>Interactive Collaborative Robotics. ICR 2022. Lecture Notes in Computer Science</i> , 2022, vol 13719. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-23609-9_8 .
a36	K. Potapov, A. Gordeev, L. Biktasheva, M. Rudakova, and A. Alexandrov. Effects of Natural Rhamnolipid Mixture on Dioleoylphosphatidylcholine Model Membrane Depending on Method of Preparation and Sterol Content // <i>Membranes</i> , 2023, vol. 13, no. 1: 112. https://doi.org/10.3390/membranes13010112 .
a37	Р.А. Шараева, В.В. Кугуракова, Н.Э. Селезнева. Методика упрощения таск-трекинга в проектах игровой индустрии // <i>Программные продукты и системы</i> , 2022, Т. 26, С. 374-383. https://doi.org/10.15827/0236-235X.139.374-383 .
a38	T. Tsoy, R. Safin, E. Magid, and S. Kumar Saha. Estimation of 4-DoF manipulator optimal configuration for autonomous camera calibration of a mobile robot using on-board templates // <i>International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON)</i> , Kazan, Russia, 2021, pp. 1-6. https://doi.org/10.1109/SIBCON50419.2021.9438925 .
a39	Elizarov Aleksandr, Gafurova Polina, and Lipachev Evgeny. Wikidata in Metadata Formation Methods for Documents of Digital Mathematical Library // <i>Conference: 23rd Scientific Conference "Scientific Services and Internet – 2021"</i> , 2021, pp. 23-33. https://doi.org/10.20948/abrau-2021-3-ceur .

a40	Г.Ф. Сахибгареева, В.В. Кугуракова. Прототипирование вариативности сюжета компьютерных игр // Научный сервис в сети Интернет: труды XXIII Всероссийской научной конференции. М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2021, С. 347-360. https://doi.org/10.20948/abrau-2021-11 .
a41	S.S.S. Katta et al. Pose Estimation of 5-DOF Manipulator using On-Body Markers // 21st International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS), Jeju, Korea, Republic of, 2021, pp. 897-902. https://doi.org/10.23919/ICCAS52745.2021.9648843 .
a42	Aidar Zagirov, Artem Apurin, and Elvira Chebotareva. Modeling of Human Actions in a Collaborative Robotic Space Using AR601M Humanoid Robot: Pilot Experiments in the Gazebo Simulator // Proceedings of the 2023 International Conference on Artificial Life and Robotics, 2023, pp. 162-165. https://doi.org/10.5954/icarob.2023.os6-5 .
a43	A.V. Kirillovich, O.A. Nevzorova, E.K. Lipachev. OntoMath 2.0 Ontology: Updates of Formal Model. Lobachevskii J. Math., 2022, vol. 43, pp. 3504–3514. https://doi.org/10.1134/S1995080222150136 .
a44	Golitsyna Irina, Eminov Farid, and Eminov Bulat. Teaching/Learning Strategies in Context of Education 4.0 // Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal, 2021, vol. 6, pp. 472-479. https://doi.org/10.25046/aj060254 .
a45	M.M. Abramskiy, A.M. Tsimmerman, A.A. Almukhametova, et al. An Ontological Approach to Education Program Design in Digital Environments // Autom. Doc. Math. Linguist, 2019, vol. 53, pp. 64–70. https://doi.org/10.3103/S000510551902002X .
a46	Kugurakova Vlada, Vasilov Timur, Khafizov Murad, and Shubin Aleksey. RETRACTED: Approaches to automating VR applications porting using common techniques // BIO Web of Conferences. Aquaculture 2023, 2024, vol. 84, 02016. https://doi.org/10.1051/bioconf/20248402016 .
a47	Л.Р. Шакирова, М.В. Фалилеева, А.В. Кириллович, Е.К. Липачев, О.А. Невзорова, В.Н. Невзоров. Образовательная математическая онтология OntoMathEdu: структура и отношения // Научный сервис в сети Интернет: труды XXI Всероссийской научной конференции. М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2019, С. 653-661. https://doi.org/doi:10.20948/abrau-2019-84 .
a48	E. Chebotareva, A. Mukhamedshin, N. Imamov, and E. Magid. Object Localization Based on a Single RGB Camera for a 4-DOF Robotic Arm // 2025 11th International Conference on Automation, Robotics, and Applications (ICARA), Zagreb, Croatia, 2025, pp. 252-256. https://doi.org/10.1109/ICARA64554.2025.10977595 .
a49	Hoang-Dinh Khoi, Oguz Ozgur, Huber Gerold, Gabler Volker, and Wollherr Dirk. An approach to integrate human motion prediction into local obstacle avoidance in close human-robot collaboration // International Workshop on Advanced Robotics and its Social Impact, 2015, pp. 1-6. https://doi.org/10.1109/ARSO.2015.7428221 .
a50	A. Shubin, E. Zykov, and C. Nadyrshina. Evaluation and Optimization of Vehicle Cabin Ergonomics Using Virtual Reality // International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon), Sochi, Russian Federation, 2024, pp. 889-894. https://doi.org/10.1109/SmartIndustryCon61328.2024.10516194 .
a51	Baris Celiker, Shifa Sulaiman, and Tatyana Tsoy. A Design of a Modular Mobile Robot for Rescue Operations // ICAROB2024, 2024, vol. 29, pp. 267-271. https://doi.org/10.5954/icarob.2024.os10-1 .
a52	Karina Sadyikova, Valeriya Zhukova, and Roman Lavrenov. Robot-Assisted Language Learning: Scientific Data Analysis // Proceedings of International Conference on Artificial Life and Robotics, 2024. https://doi.org/10.5954/icarob.2024.os11-5 .
a53	S. Sulaiman, A. Eryomin, T. Tsoy, and E. Magid. Methodology of Designing and Modeling Projects for Robotics and Mechatronics Course of Intelligent Robotics Master Program // IEEE 7th Eurasian Conference on Educational Innovation (ECEI), Bangkok, Thailand, 2024, pp. 410-413. https://doi.org/10.1109/ECEI60433.2024.10510833 .
a54	R. Abdulganeev, R. Lavrenov, A. Dobrokvashina, Y. Bai, and E. Magid. Autonomous Door Opening with a Rescue Robot // 2024 10th International Conference on Automation, Robotics and Applications (ICARA), Athens, Greece, 2024, pp. 7-11. https://doi.org/10.1109/ICARA60736.2024.10552969 .
a55	R. Gazizov and A. Shubin. Modification of Skeletal Character Animation Using Inverse Kinematics Controllers // International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon), Sochi, Russian Federation, 2024, pp. 553-557. https://doi.org/10.1109/SmartIndustryCon61328.2024.10515984 .
a56	R. Mishenin, A. Eryomin, T. Tsoy, and E. Magid. Implementation and Validation of the CautiousBug Algorithm in ROS Noetic // 8th International Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT), Vladikavkaz, Russian Federation, 2024, pp. 1-4. https://doi.org/10.1109/ICCT62929.2024.10874959 .
a57	Martinez-Garcia Edgar, Lavrenov Roman, and Magid Evgeni. Longitudinally Variant 4W4D Robot Slipage-Based Path Tracking Control // Autonomous Vehicles, 2022, Vol. 2. https://doi.org/10.1002/9781394152636.ch7 .
a58	D. Sahibgarееva. Skeletal Animation of Three-Dimensional Models Using Nanite Technology // International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon), Sochi, Russian Federation, 2024, pp. 543-547. https://doi.org/10.1109/SmartIndustryCon61328.2024.10515919 .
a59	T.A. Khudaybergenov, T.T. Turdiev, M.R. Khafizov, and V.V. Kugurakova. The Influence of Dynamic Game Difficulty Balancing on Player Experience in Puzzle Games // IEEE 25th International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), Altai, Russian Federation, 2024, pp. 2600-2604. https://doi.org/10.1109/EDM61683.2024.10615096 .
a60	A. Dubelschikov, T. Gamberov, T. Tsoy, K.-H. Hsia, and E. Magid. LoRa technology application within the Internet of Flying Things concept for data collection from IoT devices // 8th International Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT), Vladikavkaz, Russian Federation, 2024, pp. 1-4. https://doi.org/10.1109/ICCT62929.2024.10874971 .
a61	A.N. Frolov, S. Lempp, K.M. Ng, and G. Wu. Computable linear orders and products // The Journal of Symbolic Logic, 2020, vol. 85, no. 2, pp.605-623. https://doi.org/10.1017/jsl.2020.17 .

a62	R.R. Farahov, R.A. Burnashev, A.I. Enikeeva, and M.V. Bolsunovskaya. Development of a Method and System for Recycling Polystyrene Production Waste // IEEE 25th International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), Altai, Russian Federation, 2024, pp. 1750-1754. https://doi.org/10.1109/EDM61683.2024.10614980 .
a63	M.A. Montoya Martínez, R. Torres-Córdoba, E. Magid, and E.A. Martínez-García. Electromyography-Based Biomechanical Cybernetic Control of a Robotic Fish Avatar // Machines, 2024, vol. 12, no. 124. https://doi.org/10.20944/preprints202401.0847.v1 .
a64	S. Sulaiman, S.A.P.S. Mohan, and E. Magid. Manipulability analysis of a tree type humanoid upper-body robot with dual redundant arms // Scientia Iranica, 2025, vol. 32, no. 2, pp. 6054, https://doi.org/10.24200/sci.2024.59088.6054 .
a65	M.A. Montoya Martínez, R. Torres-Córdoba, E. Magid, and E.A. Martínez-García. Electromyography-Based Biomechanical Cybernetic Control of a Robotic Fish Avatar // Machines, 2024, vol. 12, no. 124. https://doi.org/10.3390/machines12020124 .
a66	Yuliya Mihaylova, Anna Pozdeeva, Alexey Leukhin, Alexander Toshev, Max Talanov, Jordi Vallverdú, and Alina Suleimanova. Neuro-Interfaces Review // Journal of artificial intelligence and consciousness, 2022. https://doi.org/10.1142/s270507852230002x .
a67	M. Roslavtsev, A. Eryomin, R. Safin, and E. Magid. Implementation of Rev1 and Rev2 Bug Family Algorithms in ROS Noetic // 8th International Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT), Vladikavkaz, Russian Federation, 2024, pp. 1-5. https://doi.org/10.1109/ICCT62929.2024.10874990 .
a68	E. Chebotareva, M. Mustafin, R. Safin, et al. Camera-based safety system for collaborative assembly // J. Intell. Manuf., 2024. https://doi.org/10.1007/s10845-024-02533-w .
a69	A. Khazetdinov, A. Zakiev, T. Tsoy, M. Svinin, and E. Magid. Embedded ARuco: a novel approach for high precision UAV landing // 2021 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), Kazan, Russia, 2021, pp. 1-6. https://doi.org/10.1109/SIBCON50419.2021.9438855 .
a70	A. Ivanov, A. Zakiev, T. Tsoy, and K.-H. Hsia. Online Monitoring and Visualization with ROS and ReactJS // International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), Kazan, Russia, 2021, pp. 1-4. https://doi.org/10.1109/SIBCON50419.2021.9438890 .

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflicts of Interest. The authors declare no conflicts of interest.

Информация об авторах

Александр Михайлович Елизаров, доктор физико-математических наук, профессор, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор, Казанский (Приволжский) федеральный университет; Университет Иннополис

E-mail: amelizarov@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2546-6897>

Инна Геннадьевна Ольгина, кандидат технических наук, доцент, Омский филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации

E-mail: inna_olgina@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9932-4552>

Author Information

Alexander M. Elizarov, Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Honored Scientist of the Russian Federation, Full Professor, Kazan Federal University; Innopolis University

E-mail: amelizarov@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2546-6897>

Inna G. Olgina, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Omsk Branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration

E-mail: inna_olgina@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9932-4552>

Поступила в редакцию 19.08.2025

Принята к публикации 18.09.2025

Received August 19, 2025

Accepted September 18, 2025